Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 19, No. 4, Winter. 2022, p. 311-325

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۹، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص. ۳۲۵-۳۱۱

مقاله پژوهشی

اثر نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دانه روغنی کاملینا (*Camelina sativa*) در تاریخ‌های مختلف کاشت

شهاب زارعی[۱]، پیمان حسیبی[۲*]، دانیال کهریزی[۳]، سید محمد صفی‌الدین اردبیلی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۳۰

چکیده

به‌منظور ارزیابی خصوصیات زراعی کاملینا در شرایط تغذیه با کود نیتروژن در تاریخ‌های مختلف کاشت، پژوهشی به‌صورت طرح کرت‌های خردشده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۸- ۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز اجرا شد. در این تحقیق تاریخ کاشت (۱۵ آبان، ۱۵ آذر و ۱۵ دی‌ماه) به‌عنوان عامل اصلی و نیتروژن خالص (۰، ۲۳، ۴۶ و ۶۹ کیلوگرم در هکتار) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد بیشترین عملکرد دانه (۲۶۵۳/۸ کیلوگرم در هکتار) از تاریخ کاشت اول و تیمار ۴۶ کیلوگرم نیتروژن و بیشترین شاخص برداشت (۳۰/۹ درصد) از تاریخ کاشت دوم و تیمار ۴۶ کیلوگرم نیتروژن به‌دست آمد. بیشترین عملکرد روغن (۷۳۷/۹ کیلوگرم در هکتار) نیز مربوط به تاریخ کاشت اول و سطح ۲۳ کیلوگرم نیتروژن بود؛ اما بیشترین درصد پروتئین (۲۸/۵۳) از تاریخ کاشت دوم و سطح ۶۹ کیلوگرم نیتروژن به‌دست آمد. همچنین استفاده بهینه از کود نیتروژن منجر به بهبود صفات مورد بررسی ازجمله تعداد شاخه فرعی، خورجینک در بوته، دانه در خورجینک و وزن هزار دانه شد ولی با تأخیر در تاریخ کاشت میانگین این صفات کاهش معنی‌داری یافت. به‌طورکلی نتایج این پژوهش حاکی از واکنش معنی‌دار کاملینا به میزان کود مصرفی و زمان کاشت بود؛ به‌گونه‌ای که میزان کود مصرفی تا سقف ۴۶ کیلوگرم نیتروژن منجر به افزایش معنی‌دار اجزای عملکرد دانه و نهایتاً افزایش عملکرد دانه کاملینا شد. همچنین تأخیر در تاریخ کاشت مطلوب سبب افت عملکرد کاملینا شد که حاکی از لزوم رعایت زمان مطلوب کشت است.

واژه‌های کلیدی: درصد پروتئین، درصد روغن، شاخص برداشت، گیاهان روغنی، نیتروژن برگی

مقدمه

برای تأمین مواد غذایی جمعیت با حفظ محیط‌زیست، کشاورزی نیازمند راهکارهایی در جهت کاهش استفاده از نهاده‌های شیمیایی و یا بهبود بهره‌وری از منابع طبیعی است. کشت گیاهانی مانند گیاه دانه روغنی کاملینا که عملکرد مطلوبی با حداقل استفاده از آب، کود و آفت‌کش‌ها، نسبت به گیاهان دانه روغنی معمول دارد، می‌تواند یک راهکار بالقوه در جهت تأمین بخشی از نیاز روغن خوراکی کشور باشد (Kahrizi *et al*., 2018). کاملینا با نام علمی (*Camelina sativa* L. crantz) گیاهی گل‌دار و پهن‌برگ از خانواده براسیکاسه است که به نام کتان کاذب نیز شناخته می‌شود. کاملینا نسبت به سایر دانه‌های روغنی نیاز کمتری به آب، کود و آفت‌کش‌ها دارد و در زمان کوتاه‌تری قابل‌برداشت است. این گیاه منبع غنی از روغن (۲۸ تا ۴۰ درصد)، اسیدهای چرب امگا سه و اسید اروسیک نسبتاً کم است (Chesnais *et al*., 2015). کاملینا بومی اروپاست و کشت آن در قاره اروپا قدمت دیرینه داشته و تا اواسط قرن بیستم در بسیاری از کشورهای این قاره، در سطح وسیع کشت می‌شده است اما با توسعه گیاهان کودپذیر پر محصول، کشت کاملینا به فراموشی سپرده شد. در سال‌های اخیر گرایش عمومی به روغن‌های باکیفیت، میزان توجه به این گیاه را افزایش داد و باعث شد کاملینا در مقیاس وسیعی در ایالات‌متحده، کانادا، کشورهای اروپایی، چین و استرالیا برای تحقیقات، کاربردهای خوراکی و به دلیل کم‌هزینه بودن تولید آن به‌عنوان ماده اولیه سوخت زیستی کشت شود (Dharavath *et al*., 2016). کاملینا سازگاری بیشتری به مناطق خنک دارد به‌طوری‌که افزایش دما بیش از ۲۷ درجه‌ی سانتی‌گراد در دوران گلدهی منجر به کاهش گرده‌افشانی و تلقیح گل‌ها می‌شود. افزایش دما در مرحله رسیدگی نیز به دلیل ریختن برگ‌ها و بلوغ زودرس ناشی از تنش دما

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
۲- دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
۳- استاد گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
۴- استادیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: p.hassibi@scu.ac.ir)
DOI: 10.22067/jcesc.2021.37179.0

باعث محدودیت منبع دانه می‌شود کاهش در تعداد گل‌ها، اندازه و تعداد بذر تولیدشده در هر خورجینک در اثر تنش دمایی، می‌تواند عملکرد دانه و روغن را کاهش دهد اما در تاریخ کاشت مناسب مدت لازم برای رشد محصول وجود دارد و گیاه می‌تواند قبل از گرم شدن دمای هوا، دوره رسیدگی دانه را کامل کند؛ از این‌رو انتخاب تاریخ کاشت مناسب برای موفقیت تولید کاملینا در یک منطقه حائز اهمیت است (Urbaniak *et al*., 2008). از آنجا که دوران رشد رویشی و زایشی گیاه با دما، طول روز و تشعشات خورشیدی تاریخ‌های کاشت مختلف انطباق می‌یابد، از این‌رو تاریخ کاشت نقش مؤثری در نمو، تولید زیست‌توده و درنهایت عملکرد گیاهان می‌گذارد (Kiani *et al*., 2018). هم‌راستا با این مباحث، دوری و همکاران (Doori *et al*., 2016) نشان دادند تأخیر در کاشت کلزا (*Brassica napus* L.) در خوزستان با بروز تنش گرما در دوره گلدهی و پر شدن دانه همراه بوده که علاوه بر کوتاه کردن طول دوره رویشی موجب کاهش عملکرد محصول می‌گردد به‌طوری‌که ۲۰ روز تأخیر در کاشت عملکرد دانه را ۴۷ درصد نسبت به تاریخ کاشت بهینه (شش آذر ماه) کاهش داد. در آزمایشی برتی و همکاران (Berti *et al*., 2011) با بررسی اثر تاریخ کاشت بر کاملینا در کشور شیلی گزارش دادند که دمای زیر صفر در دوران رویشی و به دنبال آن افزایش دما و نبود بارندگی در دوران گلدهی در تاریخ کاشت تأخیری منجر به کاهش شدید عملکرد شد درحالی‌که در تاریخ کاشت زودهنگام دمای مناسب در دوران رشد رویشی و هوای خنک در دوره گلدهی و دانه‌بندی منجر به افزایش طول دوره مؤثر رشد گیاه گردید. این موضوع سبب شد بالاترین عملکرد دانه، اجزای عملکرد دانه، عملکرد روغن و بیشترین بیوماس از تاریخ کشت‌های زودهنگام به‌دست آید.

گرچه نیاز کاملینا به کوددهی، متوسط تا کم است، اما مطالعات نشان داده بسته به نوع خاک، عملکرد دانه کاملینا با استفاده از کودهای نیتروژنی به میزان قابل‌توجهی افزایش‌یافته است. در این راستا، تحقیقات بین‌المللی قبلی نشان می‌دهد که عملکرد دانه کاملینا و مقدار پاسخ به نیتروژن کاربردی می‌تواند با توجه به نوع خاک و شرایط آب و هوایی متفاوت باشد (Jankowski *et al*., 2019). در یک مطالعه در غرب هیمالیای کشور هند، کاربرد ۱۳/۵ کیلوگرم نیتروژن عملکرد بذر را ۱۵ درصد و درصد روغن دانه را ۱۰ درصد نسبت به عدم کاربرد نیتروژن افزایش داد درحالی‌که افزایش نیتروژن از ۱۳/۵ به ۴۱/۴ کیلوگرم منجر به کاهش قابل‌توجه عملکرد دانه و درصد روغن شد (Kumari *et al*., 2015). در کشور هلند، کاربرد ۳۴ کیلوگرم نیتروژن در هکتار منجر به افزایش عملکرد دانه و درصد پروتئین بذر شد، درحالی‌که درصد روغن دانه را کاهش داد (Bobrecka-jamro, 2017). در مقابل، در یک مطالعه دیگر در کشور لیتوانی (Karčauskienė *et al*., 2014) از افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و درصد پروتئین کاملینا به‌واسطه کاربرد نیتروژن خبر دادند، اما تأثیر معنی‌داری بر درصد روغن بذر مشاهده نکردند. در برخی مطالعات انجام‌شده برای تعیین نیتروژن موردنیاز کاملینا، حداکثر عملکرد دانه در سطح کودی ۵۱ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در کشور کانادا (Jiang and Caldwell, 2016)، ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در منطقه نیمه‌گرمسیری کشور هند (Kunt joshi *et al*., 2017) و ۴۰/۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در کشور ایالات متحده امریکا (Bronson *et al*., 2019) به‌دست آمد. در مطالعه‌ای سولیس و همکاران (Solis *et al*., 2013) نیز بیان کردند که واکنش صفات زراعی کاملینا به سطوح کودی نیتروژن و سولفور بسته به موقعیت جغرافیایی محل کاشت متفاوت بود. به‌طوری‌که در منطقه اوسورنو حداکثر تعداد دانه در خورجین در سطح کودی ۶۹ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (۱۴/۸ دانه در خورجین) و در لس‌آنجلس در سطح کودی ۳۴/۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (۱۴/۷ دانه در خورجین) مشاهده و ثبت شد. به‌طورکلی عملکرد و اجزا عملکرد دانه کاملینا به کوددهی نیتروژن، زمان کاشت و شرایط آب و هوایی بستگی دارد. کاملینا در شرایط آب و هوایی و خاک مختلف پاسخ‌های متفاوتی به مدیریت کود و تاریخ کاشت می‌دهد. لذا برای کشت این گیاه در مناطق جدید مطالعه بر روی مدیریت کود و تاریخ کاشت اهمیت به‌سزایی دارد (Leclère *et al*., 2021). بنا بر مطالب بیان‌شده و با توجه به پتانسیل بالای استان خوزستان در تولید انواع گیاهان ازجمله گیاهان دانه‌های روغنی، ورود یک گیاه دانه روغنی جدید با کاربردهای خوراکی، کنجاله و صنعتی در الگوی کشت استان خوزستان، می‌تواند نقش مهمی در تأمین روغن خوراکی با کیفیت یا غیرخوراکی کشور ایجاد کند. با توجه به این‌که تاکنون مطالعه‌ای برای بررسی تاریخ کاشت مناسب و نیتروژن بر کاملینا در اهواز صورت نگرفته است، از این رو رعایت اصول زراعی ازجمله تاریخ کاشت مناسب و سطوح بهینه‌ی کود نیتروژن، برای حصول بالاترین میزان عملکرد کمی و کیفی کاملینا بسیار حائز اهمیت است. بر این اساس هدف از پژوهش حاضر بررسی اثر زمان کاشت و نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دانه روغنی کاملینا رقم سهیل در شرایط آب و هوایی اهواز می‌باشد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز واقع در جنوب غربی اهواز و حاشیه غربی رود کارون با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۱۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۱ دقیقه شرقی و ارتفاع ۲۲ متر از سطح دریا اجرا شد. برخی از مشخصات خاک و پارامترهای آب و هوایی منطقه آزمایشی در طول فصل زراعی مذکور به‌ترتیب در جدول ۱ و ۲ نشان داده‌شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Physical and chemical properties of soil in the experimental site

عمق نمونه‌برداری Sampling depth (cm)	بافت خاک Soil texture	مواد آلی Organic matter (%)	واکنش خاک pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	فسفر قابل جذب Available *phosphorus* ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم قابل جذب Available *potassium* ($mg.kg^{-1}$)	نیتروژن کل Total nitrogen (%)
0-30	Loamy-Sandy	0.62	7.5	0.5	13.35	130	0.11

جدول ۲- متوسط درجه حرارت‌های ماهانه و بارندگی منطقه‌ی مورد بررسی در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷

Table 2- The average of monthly temperatures and precipitation of studied area in 2018-2019

ماه Month	آبان October	آذر November	دی December	بهمن January	اسفند February	فروردین March	اردیبهشت April
میانگین حداکثر دمای ماهانه Mean of max monthly temperatures	34.0	26.5	23.3	25.0	27.0	36.1	43.6
میانگین حداقل دمای ماهانه Mean of min monthly temperatures	12.1	7.1	2.8	4.3	7.1	10.7	12.2
میانگین دمای ماهانه Mean monthly temperatures	21.9	17.1	14.0	15.2	17.1	23.1	2.0
بارندگی ماهانه Monthly rainfall (mm)	97.4	103.6	27.1	33.3	11.8	45.4	2.2

طرح آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تاریخ کاشت ۱۵ آبان، ۱۵ آذر و ۱۵ دی به‌عنوان عامل اصلی و مقدار نیتروژن خالص در چهار سطح صفر، ۲۳ کیلوگرم، ۴۶ کیلوگرم و ۶۹ کیلوگرم در هکتار به‌عنوان عامل فرعی به‌صورت تصادفی در کرت‌های آزمایش قرار گرفتند. بذر گیاه کاملینا رقم سهیل بود که از شرکت دانش‌بنیان بیستون شفا تهیه گردید. عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک و عملیات تسطیح بود. بعد از آماده‌سازی زمین ۱۲ کرت در سه تکرار ایجاد شد. در مجموع نه کرت اصلی و ۳۶ کرت فرعی درون کرت‌های اصلی ایجاد شد. کرت‌های اصلی و تکرارها به فاصله یک متر و بین کرت‌های فرعی پشته‌های ۶۰ سانتی‌متری در نظر گرفته شد. در هر کرت فرعی شش خط کاشت به جهت شرقی- غربی ایجاد گردید. طول هر خط کاشت ۲/۵ متر و فاصله بین خطوط ۲۰ سانتی‌متر و فاصله روی خطوط ۱۰ سانتی‌متر (۵۰ بوته در مترمربع) بود. بر اساس آزمایش خاک مزرعه، در مرحله‌ی پایه میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و ۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل استفاده شد. نیمی از کود نیتروژن به‌صورت پایه همراه با فسفر و پتاسیم در سطح هر واحد آزمایشی تحت تیمار نیتروژن پخش و قبل از کاشت با خاک مخلوط شد و نیم دیگر کود نیتروژن در سه قسط در سه مرحله فنولوژی گیاه، چهار برگی حقیقی، ابتدای ساقه‌دهی و ابتدای ظهور خورجینک ها قبل از آبیاری و یا بارندگی در سطح کرت‌های آزمایشی پخش گردید. کاشت به‌صورت دستی و بذرها در عمق یک سانتی‌متری خاک‌کشت شدند. تنک کردن بوته‌ها به‌منظور رسیدن به تراکم موردنظر در دو بار صورت گرفت، بار اول در مرحله تک برگی حقیقی و بار دوم در سه برگی حقیقی انجام گردید. مبارزه با علف‌های هرز در چندین مرحله به‌صورت وجین دستی در طول دوره رشد انجام شد. از سم کاپتان برای کنترل سفیدک پودری در تاریخ کاشت سوم و از دیازینون و سموم پودری برای مبارزه با مورچه استفاده شد. برداشت نهایی محصول کاملینا در ۱۸ فروردین برای تاریخ کاشت اول و برای تاریخ کاشت دوم و سوم به‌ترتیب در ۱ و ۷ اردیبهشت در زمان زردی و خشک شدن کامل بوته‌ها و رسیدگی فیزیولوژیکی دانه‌ها انجام شد. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک جهت سنجش اجزای عملکرد شش بوته به‌طور تصادفی از هر کرت انتخاب و به آزمایشگاه منتقل شد و صفات ارتفاع بوته، ارتفاع اولین شاخه فرعی، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین موردبررسی قرار گرفت. جهت برآورد عملکرد دانه نیز، ابتدا پس از حذف اثر حاشیه در هر کرت، با استفاده از کوادرات ۱×۱ مترمربع، نمونه‌برداری صورت گرفت. سپس بوته‌های مربوطه جداگانه به آزمایشگاه منتقل و در آون و در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشکانده شدند و مجدد توزین و وزن ماده خشک

(عملکرد بیولوژیک)، نمونه‌های آزمایشی محاسبه گردید. بعد از جدا نمودن بذرها و توزین دانه‌های هر کرت، عملکرد دانه ارقام مورد آزمایش در واحد مترمربع محاسبه شد. شاخص برداشت از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد زیستی محاسبه گردید. برای تعیین درصد روغن از دستگاه سوکسله بر پایه تغییرات وزنی- وزنی (Latif and Anwar, 2008) استفاده شد و عملکرد روغن از حاصل‌ضرب درصد روغن در عملکرد دانه به‌دست آمد. درصد نیتروژن دانه و برگ به‌وسیله دستگاه کجلدال تعیین شد (Bremner, 1996)، از حاصل‌ضرب درصد نیتروژن در ضریب گیاهی (۶/۲۵) درصد پروتئین دانه به‌دست آمد. برای نیتروژن برگ در ابتدای گلدهی از آخرین برگ استقراریافته نمونه‌برداری صورت گرفت و بعد از خشک شدن در دمای ۷۰ درجه و سپس بعد از آسیاب نمونه برگ، اندازه‌گیری درصد نیتروژن به روش مذکور انجام شد. درنهایت تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.4 و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

در بررسی تجزیه‌وتحلیل آماری صفات زراعی مشخص شد که تمامی صفات موردبررسی تحت تأثیر برهمکنش فاکتورهای تاریخ کاشت و کود نیتروژن قرار گرفتند بر همین اساس برای این صفات عملیات برش‌دهی برای سطوح کودی نیتروژن در هر سطح تاریخ کاشت، انجام گرفت (جدول ۳).

ارتفاع بوته، ارتفاع اولین شاخه فرعی و تعداد شاخه فرعی

اثر متقابل تاریخ کاشت و نیتروژن به‌طور معنی‌داری بر صفات ارتفاع بوته (در سطح پنج درصد)، ارتفاع اولین شاخه فرعی (در سطح یک درصد) و تعداد شاخه فرعی کاملینا (در سطح یک درصد) اثر داشت (جدول ۳). نتایج برش‌دهی مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین ارتفاع بوته (۸۳/۷۶ سانتی‌متر) از تاریخ کاشت اول و سطح ۴۶ کیلوگرم نیتروژن و کمترین ارتفاع بوته (۵۸/۴۶ سانتی‌متر) در تاریخ کاشت دوم و از سطح صفر نیتروژن به‌دست آمد (شکل ۱ a). دوره رشد طولانی‌تر در تاریخ کاشت اول فرصت کافی برای استفاده از شرایط رشد از جمله نور، رطوبت و دمای مناسب در طول دوره رشد رویشی و زایشی کاملینا و عدم برخورد مراحل حساس گلدهی و دانه‌بندی گیاه با دمای بالای ۳۰ درجه، سبب افزایش ساخت مواد فتوسنتزی و در نهایت افزایش رشد رویشی و ارتفاع کاملینا شده است. بررسی محققی و ابوطالبیان (Mohagheghi and Aboutalebian, 2014) نیز نشان داد از دلایل مهم افزایش ارتفاع در تاریخ‌های کاشت زودهنگام، طولانی‌تر شدن دوره رشد گیاه به سبب دمای مناسب در طول دوره رشد و عدم برخورد با دمای بالای آخر فصل است. از طرفی با توجه به این‌که نیتروژن یکی از اجزای اصلی سازنده کلروفیل و پروتئین است تامین بهینه نیتروژن گیاه باعث فتوسنتز بیشتر شده که منجر به کشیدگی ساقه یا همان افزایش ارتفاع می‌شود (Rasool *et al*., 2013). جانکوسکی و همکاران (Jankowski *et al*., 2019) مطابق با نتایج این پژوهش گزارش دادند استفاده از نیتروژن منجر به افزایش ارتفاع کاملینا شده است.

از نظر صفت ارتفاع اولین شاخه فرعی، نتایج برش‌دهی مقایسه میانگین‌ها نشان داد صرف‌نظر از معنی‌داری در هر سه تاریخ کاشت استفاده از سطح ۴۶ کیلوگرم نیتروژن در تاریخ کاشت اول، دوم و سوم ارتفاع اولین شاخه فرعی را نسبت به سطح صفر نیتروژن به‌ترتیب ۳۴/۶۰، ۲۶/۸۷ و ۵۴/۱۲ درصد کاهش داد. (شکل ۱ b). تاریخ کاشت‌های دیر هنگام (دوم و سوم) به سبب برخورد دوره گلدهی گیاه با دمای بالا و افزایش طول روز، دوره گلدهی کمتری در مقایسه با تاریخ کاشت اول داشتند به همین دلیل فرصت کافی برای افزایش ارتفاع و تولید جوانه‌های جانبی بیشتر در اختیار گیاه نبود. از آنجا که طبق یافته‌های قبلی نیتروژن می‌تواند منجر به تحریک تولید جوانه‌های شاخه جانبی شود (Kumari *et al*., 2015)، بنابراین می‌توان کاهش ارتفاع اولین شاخه فرعی در این پژوهش را به افزایش تعداد شاخه فرعی در اثر کاربرد نیتروژن نسبت داد. از نظر تعداد شاخه فرعی صرف‌نظر از معنی‌داری، استفاده از نیتروژن در تاریخ کاشت اول و دوم تعداد شاخه فرعی را به‌طور خطی افزایش داده است در حالی‌که در تاریخ کاشت سوم کاربرد نیتروژن در دو سطح ۴۶ و ۶۹ کیلوگرم منجر به بالا رفتن تعداد شاخه فرعی شده است (شکل ۱ c). افزایش در تعداد شاخه فرعی را می‌توان ناشی از رشد رویشی، ارتفاع ساقه و احتمالاً افزایش ماندگاری سطح سبز بوته‌ها در شرایط معمول و یا برخورد با دمای بالا نسبت داد که نتیجه استفاده مطلوب و جذب بهینه عناصر غذایی مانند نیتروژن است. این نتایج با یافته‌های کنت جوشی و همکاران (Kunt joshi *et al*., 2017) در مورد اثر نیتروژن بر افزایش تعداد شاخه فرعی مطابقت داشت.

متوسط تعداد خورجینک در بوته و تعداد دانه در خورجینک

اثر متقابل تاریخ کاشت و نیتروژن بر متوسط تعداد خورجینک و تعداد دانه در خورجینک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). در این پژوهش مشاهده شد بیشترین تعداد خورجینک (۶۱۲ عدد در بوته) از تاریخ کاشت اول و تیمار ۴۶ کیلوگرم نیتروژن و کمترین تعداد خورجینک (۱۶۱ عدد در بوته) در تاریخ کاشت سوم و تیمار صفر نیتروژن بود (شکل ۲ a). درواقع تحقیقات نشان داده است که تعداد خورجینک بارور در بوته عامل اصلی تأثیرگذار بر عملکرد دانه است (Jankowski *et al*, 2019).

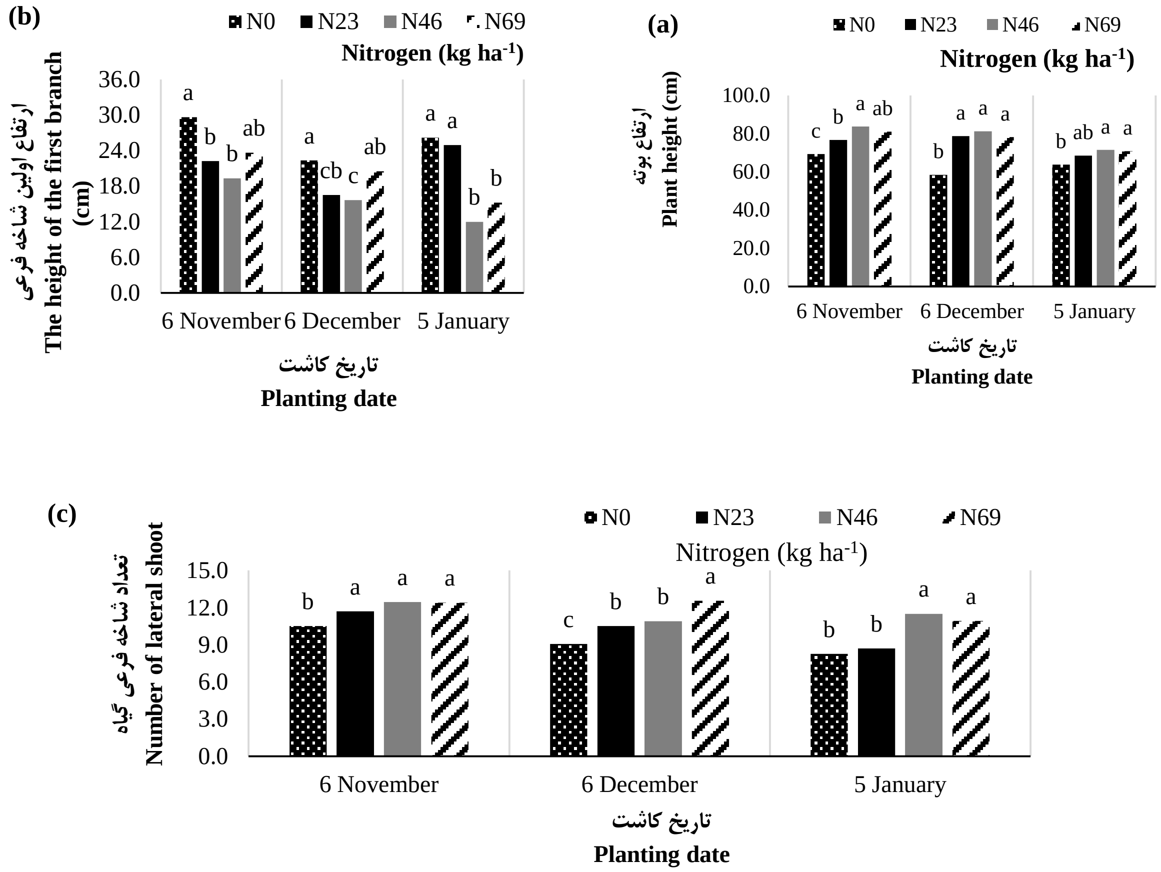
جدول ۳- تجزیه واریانس صفات موردبررسی گیاه کاملینا تحت تأثیر تاریخ کاشت و سطوح مختلف کود نیتروژن

Table 3- Analysis of variance for the studied traits of Camelina under the influence of planting date and different levels of nitrogen fertilizer

		میانگین مربعات						
S.O.V	**d.f**	ارتفاع بوته **Plant height**	ارتفاع اولین شاخه فرعی **The height of the first branch**	تعداد شاخه فرعی **Number of lateral shoot**	متوسط تعداد خورجینک **Average number of silicle**	تعداد دانه در خورجینک **Grains per silicle**	وزن هزار دانه **Weight of thousand**	عملکرد دانه **Grain yield**
Block	2	54.1*	1.23ns	1.11ns	877ns	4.22ns	0.00ns	4301.52*
Sowing date (A)	2	252**	84.5*	11.01**	349682**	14.09*	0.76**	124549.26**
E(A)	6	7.2ns	10.6ns	0.24ns	2526ns	2.00*	0.00ns	4945.83ns
Nitrogen fertilizer(B)	3	399**	164.6**	13.80**	46831**	3.62**	0.02**	628922.11**
B ×A	6	45.9*	35.1**	1.31**	4338**	2.83**	0.01**	77170.68**
E(AB)	18	14.7	5.9	0.36	993.13	0.58	0.00	10410.85
CV (%)		5.2	11.8	5. 6	7.5	6.6	6.0	8.1
S.O.V	**d.f**	عملکرد بیولوژیک **Biological yield**	شاخص برداشت **Harvest index**	درصد پروتئین **Protein percent**	درصد نیتروژن برگ **Leaf nitrogen percent**	درصد روغن **Oil percent**	عملکرد روغن **Oil yield**	
Block	2	169933*	6.06*	2.28ns	0.02ns	0.11ns	2909.87*	
Sowing date (A)	2	126616**	362.3**	10.49*	5.13**	94.6 **	1049708.71 **	
E(A)	6	23551.5ns	0.80 ns	1.29ns	0.01ns	0.11 ns	401.10 ns	
Nitrogen fertilizer(B)	3	6066.3**	13.9**	22.22**	1.05**	9.27*	508.6 **	
B ×A	6	6983.1**	16.4**	2.49**	0.16*	2.57*	9244.02**	
E(AB)	18	1034.3	1.70	0.48	0.05	0.92	1146.58	
CV (%)		7.0	5.3	2.7	7.0	3.7	9.9	

ns ، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

ns, * and **: non-significant and significant at 5 and 1% level of probability, respectively.



شکل ۱- برش‌دهی اثر متقابل مقایسات میانگین تاریخ کاشت و نیتروژن بر a: ارتفاع بوته، b: ارتفاع اولین شاخه فرعی و c: تعداد شاخه فرعی گیاه کاملینا. میانگین‌های دارای یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند. (برش‌دهی بر اساس تیمار تاریخ کاشت صورت گرفته است)

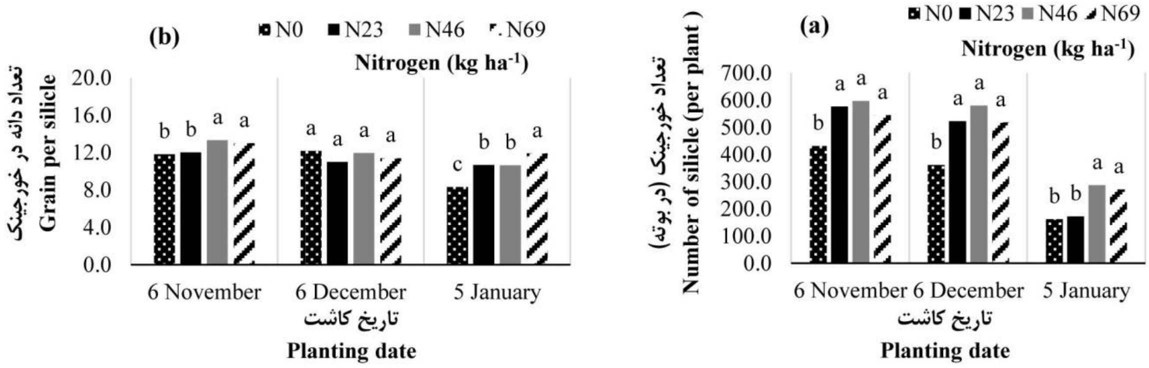
Figure 1- Slicing of interaction effect of planting date and nitrogen on; a: plant height, b: height of the first branch c: number of lateral shoot. Means with similar letter (s) are not significantly different at 5% probability level- using LSD test (Slicing based on planting date treatment).

کاشت دیرهنگام موجب مصادف شدن گلدهی و نمو خورجینک‌ها با شرایط نامساعد محیطی از قبیل درجه حرارت بالا و کاهش رطوبت گشته و تعدادی از گل‌ها عقیم مانده و ریزش می‌یابند؛ گیاه در اثر دمای بالای محیط نیاز حرارتی خود را در زمان کمتری تامین می‌کند. در این حالت طول دوره گلدهی کمتر شده و پتانسیل تولید خورجینک کاهش می‌یابد. همچنین نتایج کنت جوشی و همکاران (Kunt joshi *et al*., 2017) بیانگر تاثیرگذاری نیتروژن بر افزایش تعداد گل و تعداد خورجینک در کاملینا است که در نهایت بر افزایش عملکرد موثر است. از طرفی کاهش تعداد خورجینک در سطح ۶۹ کیلوگرم نیتروژن نسبت به ۴۶ کیلوگرم در هر سه تاریخ کاشت را می‌توان به دلیل جذب بیش از حد نیتروژن در سطوح بالای کاربرد نیتروژن نسبت داد که می‌تواند باعث افزایش رشد رویشی کاملینا شده و در نتیجه تعداد خورجینک را کاهش داده است.

برش‌دهی مقایسات میانگین صفت تعداد خورجینک در بوته نشان داد در تاریخ کاشت اول و سوم استفاده از کود نیتروژن تعداد خورجینک در بوته را نسبت به شاهد افزایش داد. بیشترین تعداد دانه در خورجینک (۱۳/۳۳ عدد) از تاریخ کاشت اول و تیمار ۴۶ کیلوگرم نیتروژن و کمترین تعداد دانه در خورجینک (۸/۳۰ عدد) در تاریخ کاشت سوم و تیمار صفر نیتروژن بود (شکل ۲ b). از آنجا که دانه مخزن مواد فتوسنتزی است هرچه تعداد دانه بیشتر باشد ذخیره مواد فتوسنتزی افزایش یافته و منجر به افزایش عملکرد می‌گردد اما کاشت دیرهنگام باعث می‌شود طول دوره گلدهی کمتر شده و پتانسیل تولید دانه نیز کاهش یابد (Mohaghehi and Aboutalebian, 2014)؛ اما استفاده از نیتروژن به سبب تامین نیتروژن گیاه، تعداد مقصدهای فتوسنتزی (دانه‌ها) را افزایش می‌دهد و به نوبه خود منجر به انتقال کارآمد فرآورده‌های فتوسنتز در طول تشکیل دانه‌ها می‌شود (Yousaf *et al*., 2016).

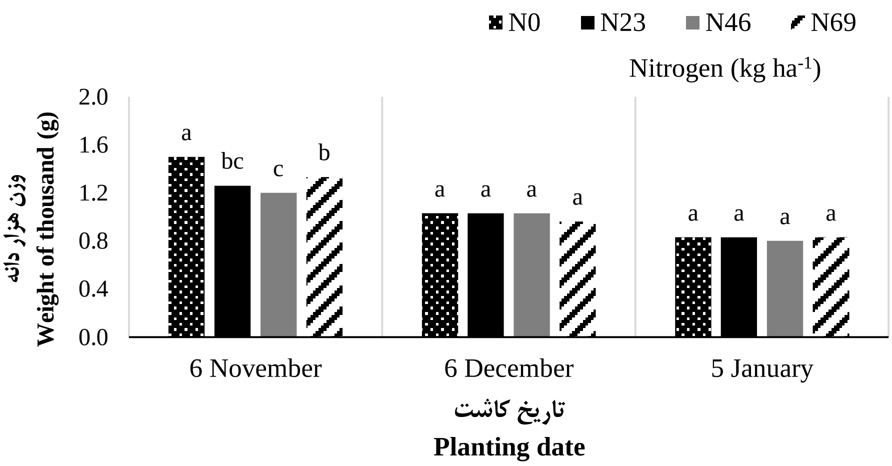
وزن هزار دانه

در بررسی مقایسه میانگین صفت وزن هزار دانه در تاریخ کاشت اول استفاده از کود نیتروژن وزن هزار دانه را نسبت به شاهد کاهش داد به‌طوری‌که در سطح ۴۶ کیلوگرم (۱/۲۰ گرم) وزن هزار دانه نسبت به شاهد (۱/۵۰ گرم)، ۲۰ درصد کاهش پیدا کرد (شکل ۷). بیشترین وزن هزار دانه (۱/۵۰) از تاریخ کاشت اول و سطح صفر نیتروژن و کمترین وزن هزار دانه (۰/۸۰ گرم) در تاریخ کاشت سوم و سطح ۴۶ کیلوگرم نیتروژن بود (شکل ۳). علت کاهش وزن دانه در کشت‌های دیرهنگام به این دلیل است که مرحله پر شدن دانه با افزایش شدید درجه‌حرارت محیط مواجه شده بود. در این رابطه، اعتقاد بر این است که در اثر گرمای زیاد، تنفس شدید شده و میزان مواد متابولیکی ذخیره‌ای کاهش می‌یابد. همچنین گرما مکانیسم انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها را تحت تأثیر قرار داده و سبب پر شدن ناقص دانه‌ها می‌گردد (Safara *et al.*, 2016). درواقع وزن هزار دانه نیز به‌عنوان یکی از صفات مهم تعیین‌کننده عملکرد نیز می‌تواند از محیط تأثیر پذیرد. در این آزمایش کاهش وزن هزار دانه تحت تاریخ‌های مختلف کاشت محسوس بود؛ اما کاربرد کود نیتروژن به‌جز در تاریخ کاشت اول، در تاریخ کاشت دوم و سوم تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشت. کاهش وزن هزار دانه در تاریخ کاشت اول با افزایش کاربرد کود نیتروژن را می‌توان به علت افزایش تعداد خورجینک در گیاه و افزایش تعداد دانه در خورجینک مربوط کرد که منجر به کوچک شدن دانه‌ها گشته و وزن هزار دانه را کاهش داده است.



شکل ۲- برش‌دهی اثر متقابل مقایسات میانگین تاریخ کاشت و نیتروژن بر متوسط a: تعداد خورجینک در بوته و b: تعداد دانه در خورجینک گیاه کاملینا. میانگین‌های دارای یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند (برش‌دهی بر اساس تیمار تاریخ کاشت صورت گرفته است)

Figure 2- Slicing of interaction effect of planting date and nitrogen on; a: number of silicle a and b: grain per silicle. Means with similar letter (s) are not significantly different at 5% probability level- using LSD test (Slicing based on planting date treatment).

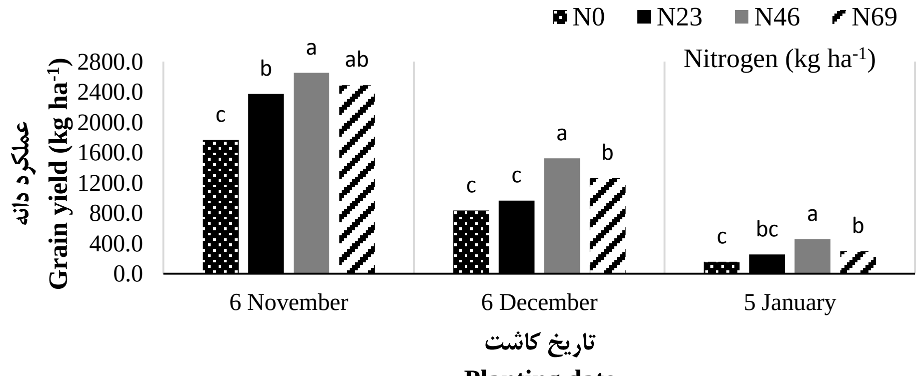


شکل ۳- برش‌دهی اثر متقابل مقایسات میانگین تاریخ کاشت و نیتروژن بر وزن هزار دانه گیاه کاملینا. میانگین‌های دارای یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند. (برش‌دهی بر اساس تیمار تاریخ کاشت صورت گرفته است)

Figure 3- Slicing of interaction effect of planting date and nitrogen on weight of thousand. Means with similar letter (s) are not significantly different at 5% probability level- using LSD test (Slicing based on planting date treatment).

عملکرد دانه

عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد تحت تاثیر اثر متقابل تاریخ کاشت و کود نیتروژن قرار گرفت (جدول ۳). بر اساس نتایج برش‌دهی مقایسه میانگین، استفاده از کود نیتروژن تا سطح ۴۶ کیلوگرم عملکرد کاملینا را در هر سه تاریخ کاشت نسبت به شاهد افزایش داد؛ اما با تأخیر در کاشت میزان عملکرد به‌طور محسوسی کاهش یافت (شکل ۴). درمجموع بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۲۶۵۳/۸ کیلوگرم در هکتار از تاریخ کاشت اول و سطح ۴۶ کیلوگرم نیتروژن و کمترین عملکرد دانه با میانگین ۱۵۵/۷ کیلوگرم در هکتار در تاریخ کاشت سوم و از تیمار شاهد به‌دست آمد (شکل ۴). تاریخ کاشت ۱۵ آبان علی‌رغم دمای نسبتا بالای ابتدای فصل که موجب عدم یکنواختی رشد گیاهچه‌ها در سطح کرت‌های آزمایش تا پیش از گلدهی کاملینا شد، در زمان گلدهی و دانه‌بندی، به سبب بهره‌مندی کاملینا از دمای مناسب (زیر ۳۰ درجه سانتی‌گراد) در اواخر بهمن، اسفند و ابتدای فروردین (جدول ۲) موجب طولانی‌تر شدن دوره گلدهی، دانه‌بندی، افزایش تعداد شاخه فرعی، تعداد خورجینک و وزن هزار دانه کاملینا شد و در نهایت عملکرد بالاتری نسبت به دو تاریخ کاشت دیرهنگام داشت. تاریخ کاشت دوم و سوم اگرچه در دوره رشد رویشی از دمای مناسب برخوردار بود اما مصادف شدن دوره دانه‌بندی تاریخ کاشت دوم و گلدهی و دانه‌بندی تاریخ کاشت سوم با دماهای بالای ۳۰ درجه در دهه دوم فروردین و ابتدای اردیبهشت (جدول ۲)، رسیدگی محصول سریع‌تر گشته و موجب کاهش وزن هزار دانه و پوکی دانه‌ها در تاریخ کاشت دوم و کاهش ارتفاع گیاه، تعداد خورجینک و وزن هزار دانه در تاریخ کاشت سوم شد و پتانسیل تولیدی گیاه را در این دو تاریخ کاشت کاهش داد. مطالعه بر روی گیاهان حساس به گرما در خوزستان نشان داد است که بهترین تاریخ کاشت برای کلزا، در شمال خوزستان ۱۰ آبان (Kalantar Ahmadi *et al*., 2014)، در منطقه اهواز و ملاثانی ۶ آذر (Doori *et al*., 2016) و برای گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) در منطقه اهواز و ملاثانی ۲۰ تا ۳۰ آذر است (Safara *et al*., 2016; Salehi *et al*., 2019) است. تاریخ کاشت می‌بایست گیاه را در تمامی مراحل رشدی از دماها و طول روز مناسب برخوردار کند کاشت دیرهنگام در مناطقی با دمای آخر فصل بالا مانند خوزستان، احتمال برخورد مراحل حساس گلدهی و دانه‌بندی را با گرمای آخر فصل افزایش داده و منجر به کاهش عملکرد می‌گردد. در مطالعه‌ای مشابه بر روی کلزا کاهش عملکرد بیشتر از طریق کاهش تعداد خورجین در واحد سطح بوده است (Doori *et al*., 2016). در این پژوهش کاربرد نیتروژن تا سطح مطلوب ۴۶ کیلوگرم نیتروژن (ازنظر عملکرد) در هر سه تاریخ کاشت منجر به افزایش عملکرد دانه نسبت به شاهد گردید (شکل ۴)، این سطح کودی به دلیل تأمین نیاز نیتروژن کاملینا در حد بهینه و با افزایش اجزای عملکردی چون ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی و به‌خصوص تعداد خورجینک در بوته منجر به افزایش عملکرد کاملینا در هر تاریخ کاشت شد. کاملینا در شرایط مختلف آب و هوایی و خاک، پاسخ‌های متفاوتی به کود نیتروژن می‌دهد و برخی شرایط محیطی یک منطقه مانند دما پتاسیل عملکرد محصول را در پاسخ به نیتروژن محدود می‌کند (Malhi *et al*., 2014). جانکوسکی و همکاران (Jankowski *et al*., 2019) حداکثر عملکرد کاملینا در کشور لهستان با کاربرد ۴۰/۸ کیلوگرم نیتروژن گزارش داد و بیشتر از طریق افزایش تعداد خورجینک در بوته به‌دست آمد در حالی که افزایش نیتروژن تا ۵۴/۴ کیلوگرم در هکتار افزایش معنی‌داری بر عملکرد دانه نداشته است.

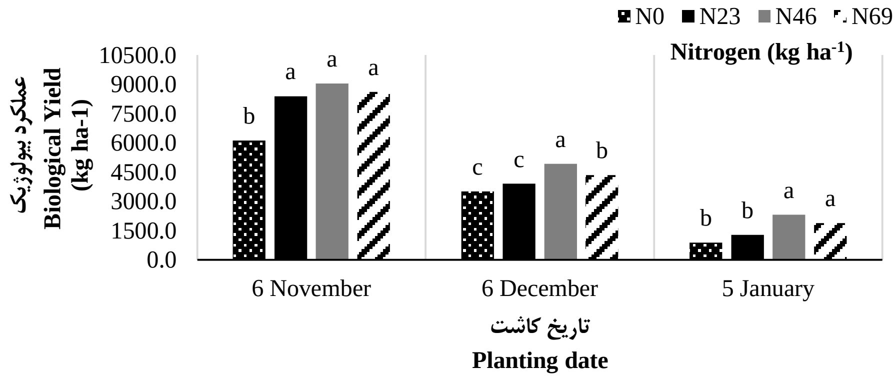


شکل ٤- برش‌دهی اثر متقابل تاریخ کاشت و نیتروژن بر عملکرد دانه گیاه کاملینا. میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند (برش‌دهی بر اساس تیمار تاریخ کاشت صورت گرفته است)

Figure 4- Slicing of interaction effect of planting date and nitrogen on camellia grain yield. Means with similar letter (s) are not significantly different at 5% probability level- using LSD test (Slicing based on planting date treatment).

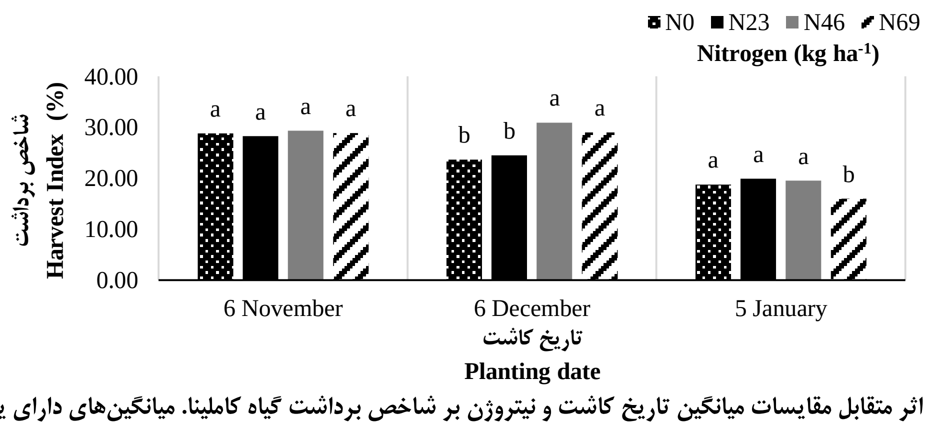
عملکرد بیولوژیک

از نظر عملکرد بیولوژیک تجزیه واریانس اثر متقابل نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌داری بین تاریخ کاشت و سطوح کود نیتروژن در سطح احتمال یک درصد بود (جدول ۳). نتایج برش‌دهی مقایسه میانگین این صفت نشان داد بیشترین عملکرد بیولوژیک از تاریخ کاشت اول و تیمار ۴۶ کیلوگرم نیتروژن با میانگین ۹۰۴۲/۱ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد بیولوژیک در تاریخ کاشت سوم و از تیمار صفر کود نیتروژن با میانگین ۸۶۰/۹ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (شکل ۵). در این پژوهش کشت دیر هنگام به دلیل برخورد با دمای بالای آخر فصل در مرحله زایشی باعث کوتاه شدن دوره رشد کاملینا در تاریخ کاشت‌های دوم و سوم شد. همچنین تاریخ کاشت‌های دیرهنگام دارای ارتفاع کمتر و برخی اجزای عملکرد کمتر نسبت به تاریخ کاشت زودهنگام بود که باعث شد ماده خشک کمتری در این تاریخ کاشت‌ها تولید گردد. نتایج بررسی برتی و همکاران (Berti *et al.*, 2011) مطابق با نتایج این پژوهش بود. همچنین کاربرد نیتروژن به سبب افزایش دسترسی گیاه به نیتروژن، منجر به افزایش ماده خشک، رشد، نمو و فعالیت‌های بیوشیمیایی گیاه شده و از این طریق بر افزایش عملکرد بیولوژیک موثر است (Hasani Balyani *et al.*, 2020). از سوی دیگر افزایش بیش از حد عناصر غذایی خاک به‌ویژه نیتروژن، می‌تواند بهره‌وری محصول را محدود کند و اغلب بازده اقتصادی به استفاده کارآمد از کود نیتروژن وابسته است. در آزمایشی سولیس و همکاران (Solis *et al*, 2013) گزارش دادند که عملکرد زیست‌توده با افزایش کود نیتروژن تا سقف ۳۴/۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار افزایش یافت و کاربرد بیش از این مقدار تا حدی منجر به کاهش عملکرد زیست‌توده کاملینا شد.



شکل ۵- برش‌دهی اثر متقابل مقایسات میانگین تاریخ کاشت و نیتروژن بر عملکرد بیولوژیک گیاه کاملینا. میانگین‌های دارای یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند (برش‌دهی بر اساس تیمار تاریخ کاشت صورت گرفته است).

Figure 5- Slicing of interaction effect of planting date and nitrogen on camellia biological yield. Means with similar letter (s) are not significantly different at 5% probability level- using LSD test (Slicing based on planting date treatment).



شکل ٦- برش‌دهی اثر متقابل مقایسات میانگین تاریخ کاشت و نیتروژن بر شاخص برداشت گیاه کاملینا. میانگین‌های دارای یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند. (برش‌دهی بر اساس تیمار تاریخ کاشت صورت گرفته است)

Figure 6- Slicing of interaction effect of planting date and nitrogen on camellia harvest index. Means with similar letter (s) are not significantly different at 5% probability level- using LSD test (Slicing based on planting date treatment).

شاخص برداشت

تجزیــه واریــانس اثــر متقابــل کــود نیتــروژن و تــاریخ کاشــت نشان‌دهنده‌ی وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بـود (جدول ۳). بیشترین شاخص برداشت (۳۰/۹ درصـد) از تـاریخ کاشـت دوم و تیمار ۴۶ کیلوگرم نیتروژن و کمترین شاخص برداشـت (۱۵/۹۹ درصد) در تاریخ کاشت سوم و از تیمار ۶۹ کیلوگرم نیتروژن بـه‌دسـت آمد (شکل ۶). به‌طورکلی، شـاخص برداشـت در تـاریخ کاشـت دوم و سوم نسبت به تاریخ کاشت اول کاهش معنی‌داری را نشان داد که این مورد می‌تواند به دلیل کاهش هـم‌زمـان عملکـرد دانـه و بیومـاس در تاریخ کاشت دیرهنگام باشد (شکل ۶). تاریخ کاشت‌های دیرهنگام بـا تاثیری که بر تقسیم ماده‌ی خشک گیاهی به مخازن اقتصـادی بوتـه می‌گذارند و کـارایی انتقـال مـواد فتوسـنتزی بـه دانـه‌هـا را کـاهش می‌دهند، منجر به کاهش شاخص برداشت می‌شـوند (Mohaghehi and Aboutalebian, 2014). در این پژوهش کاربرد کود نیتروژن در تاریخ کاشت دوم منجر به افزایش شاخص برداشت در دو سطح ۴۶ و ۶۹ کیلوگرم نسبت به شاهد گردیـد. در ایـن راسـتا حسـنی بلیـانی و همکـاران (Hasani Balyani *et al*., 2020) بیـان نمودنـد اسـتفاده مناسب از کود تعداد مقصـدهای (دانـه‌هـا) فـرآورده‌هـای فتوسـنتزی حاصل از رشد رویشـی کاملینـا را افـزایش داده کـه باعـث مـی‌شـود فرآورده‌های فتوسنتزی به موقع به دانه‌هـا انتقـال یافتـه و در نتیجـه شاخص برداشت افزایش یابد.

درصد پروتئین دانه و درصد نیتروژن برگ

بر اساس جـدول تجزیـه واریـانس اثـر متقابـل تـاریخ کاشـت و نیتروژن به‌طور معنی‌داری بر صفات درصـد نیتـروژن دانـه (در سـطح احتمال یک درصد) و درصد نیتـروژن بـرگ (در سـطح احتمـال پـنج درصد) اثر داشت (جدول ۳). نتایج برش‌دهی مقایسه میانگین‌ها نشان داد صرف‌نظر از معنی‌داری کاربرد نیتروژن بـه‌صـورت خطـی درصـد پروتئین را افزایش داد بـه طـوری کـه درصـد پـروتئین در سـطح ۶۹ کیلوگرم نیتروژن نسبت به شاهد در تاریخ کاشت‌های اول، دوم و سوم به‌ترتیب ۱۷/۳۳، ۵/۵۲ و ۱۷ درصد افـزایش یافـت. در مجمـوع سـه تاریخ کاشت بیشترین درصد پروتئین (۲۸/۵۳) از تاریخ کاشـت دوم و سطح ۶۹ کیلوگرم نیتروژن و کمترین درصد پروتئین (۲۲/۷۵ درصـد) در تاریخ کاشت سوم و از سطح صفر نیتروژن به‌دست آمـد (شـکل ۷ a). تأمین نیتروژن باعث افزایش پروتئین محلول کل در دانه‌هـا شـد. مطالعات تحقیقات پیشین، روابـط معکـوس بـین محتـوی پـروتئین و محتـوی روغـن در دانـه کاملینـا (Solis *et al*., 2013) و سـایر محصولات دانه روغنی مانند کلـزا (Stahl *et al*., 2017) نشـان داده است، به‌طور مشابه در این پژوهش نیز درصـد پـروتئین بـذر افـزایش یافته، در حالی که درصـد روغـن در بـذر بـا افـزایش میـزان کـاربرد نیتروژن کاهش یافته است. این رابطه معکوس بین پروتئین و غلظـت روغن در بذور کاملینا را می‌توان به رقابت آن‌هـا بـرای اسـکلت‌هـای کربن در هنگام متابولیسم کربوهیدرات، نسبت داد. این امـر بـه دلیـل پایین بودن سطح کربوهیدرات در پروتئین نسبت به روغن اسـت کـه می‌تواند منجر به افزایش میزان نیتروژن در سنتز پـروتئین بـا هزینـه سنتز اسید چرب در بیشتر محصولات زراعی روغنی شود (Malhi *et al*., 2014).

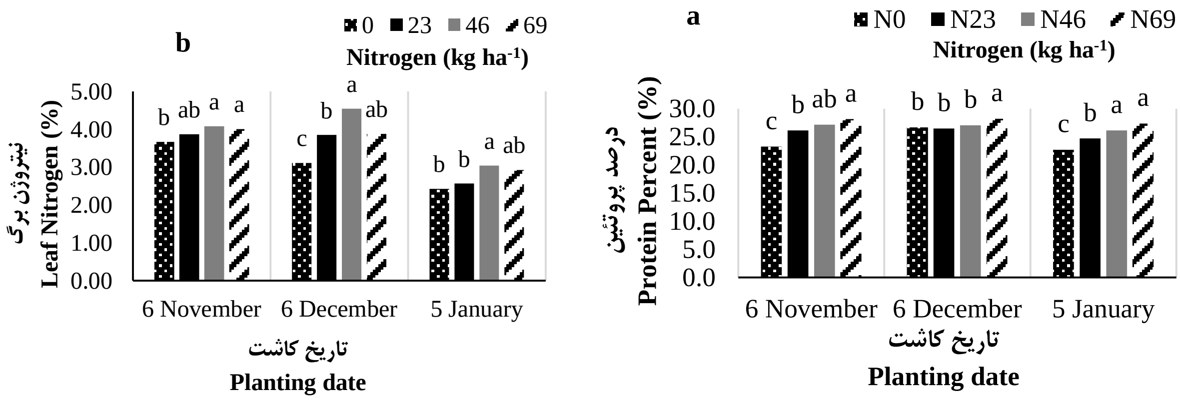
از نظر صفت درصد نیتروژن برگ، برش‌دهی مقایسـات میـانگین نشان داد صرف‌نظر از معنی‌داری، در هر سه تاریخ کاشت بـا افـزایش کاربرد نیتروژن تا سطح ۴۶ کیلوگرم، تجمع نیتروژن بـرگ نیـز رونـد افزایشی داشته است (شکل ۷ b). از طرفی تاریخ کاشت سوم به سبب برخورد با دمای بالا و کاهش طول رشد تـا گلـدهی فرصـت کمتـری برای جذب و ذخیره نیتـروژن داشـت از ایـن رو نیتـروژن کمتـری در مقایسه با تاریخ کاشت‌های اول و دوم داشته است (شکل ۷ b). بـرای استفاده کافی از نور برای تولید بیوماس و دانه، گیاه باید ذخیره کـافی از نیتروژن را در برگ‌های خود داشته باشد که کاربرد نیتروژن می‌تواند منجـر بـه فـراهم نمـودن نیتـروژن قابـل دسـترس گیـاه باشـد (Salvagiotti *et al*., 2008).

درصد و عملکرد روغن

از نظر صفت درصد روغن و عملکرد روغن، تجزیه واریـانس اثـر متقابل سطوح نیتروژن و تاریخ کاشت وجود اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد نشان داد (جدول ۳) در مجموع سه تاریخ کاشت بیشـترین درصـد روغـن (۲۹/۷۰) از تـاریخ کاشـت اول و سـطح ۲۳ کیلـوگرم نیتروژن و کمترین درصد روغن (۲۱/۷۰ درصد) در تاریخ کاشت سـوم و از صفر نیتروژن به‌دست آمد (شکل ۸ a).

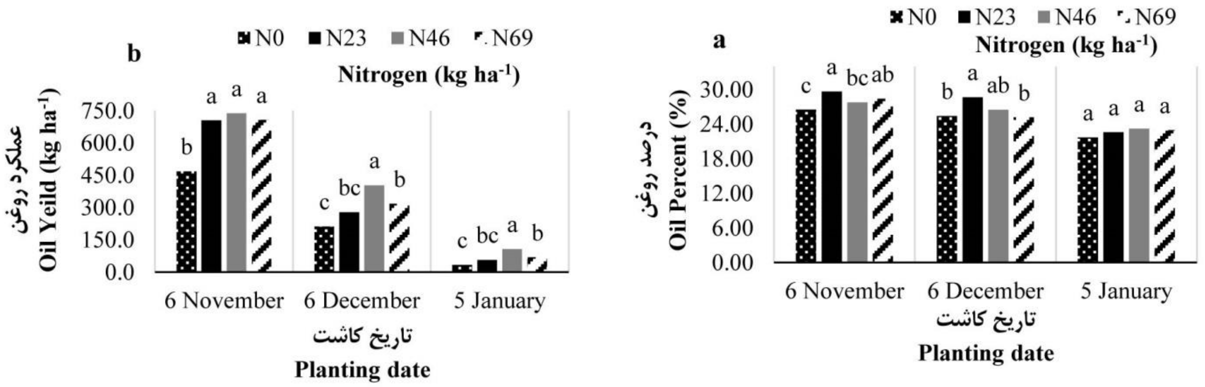
همچنین نتایج برش‌دهی مقایسه میانگین‌ها برای صفت عملکـرد روغن نشان داد درمجموع سه تاریخ کاشت بیشترین عملکـرد روغـن (۷۳۷/۹ کیلوگرم در هکتار) از تاریخ کاشت اول و سـطح ۲۳ کیلـوگرم نیتروژن و کمترین عملکرد روغن (۳۳/۸ کیلوگرم در هکتار) در تـاریخ کاشت سوم و از سطح صفر کیلوگرم نیتروژن به‌دسـت آمـد (شـکل ۸ b). درصد روغن دانه صفتی ژنتیکی است که تا حدودی تحـت تـأثیر عوامل محیط ازجمله دما قرار می‌گیرد، به‌نحوی‌که افزایش دما ناشـی از کاشت دیرهنگام موجب کاهش درصد روغن می‌گردد (Ratajczak *et al*., 2017)؛ هم راستا با نتیجه تحقیق حاضر، در آزمایشی محققی و ابوطالبیـان(Mohaghehi and Aboutalebian, 2014). کـاهش درصد روغن دانه کلزا در کاشت‌های دیرهنگـام را گـزارش دادنـد. بـا توجه به این‌که درصد روغـن دانـه و نیتـروژن رابطـه عکـس‌دارنـد،

بنابراین افزایش پیش‌ماده‌های پروتئینی مانند کود نیتروژن، مـی‌توانـد موجـب افـزایش پـروتئین دانـه و کـاهش درصـد روغـن دانـه شـود (Morditalavat *et al*., 2007). نتایج مشابهی توسط جانکوسـکی و همکاران (Jankowski *et al*., 2019) نشان می‌دهد با افزایش کـود نیتروژن درصد روغن کاهش یافته است. در شرایط افـزایش نیتـروژن کربوهیدرات‌های موجود برای سنتز روغن افزایش یافته و یـا احتمـالاً انتقال انرژی و منابع بیشتر به تولید پروتئین به جـای تولیـد روغـن را می‌توان از دلایل کـاهش درصـد روغـن و افـزایش نسـبت پـروتئین به‌شمار آورد (Elhanafi *et al*., 2019).



شکل ۷- برش‌دهی اثر متقابل مقایسات میانگین تاریخ کاشت و نیتروژن بر درصد پروتئین (الف) و درصد نیتروژن برگ (ب) گیاه کاملینا. میانگین‌های دارای یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند. (برش‌دهی بر اساس تیمار تاریخ کاشت صورت گرفته است)

Figure 7- Slicing of interaction effect of planting date and nitrogen on a: protein percentages and leaf nitrogen percentages. Means with similar letter (s) are not significantly different at 5% probability level- using LSD test (Slicing based on planting date treatment).



شکل ۸- برش‌دهی اثر متقابل مقایسات میانگین تاریخ کاشت و نیتروژن بر a: درصد روغن و b: عملکرد روغن گیاه کاملینا. میانگین‌های دارای یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند. (برش‌دهی براساس تیمار تاریخ کاشت صورت گرفته است)

Figure 8- Slicing of interaction effect of planting date and nitrogen on; a: Oil percentages and b: Oil Yield. Means with similar letter (s) are not significantly different at 5% probability level- using LSD test (Slicing based on planting date treatment).

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی نتایج ایـن پـژوهش حـاکی از واکـنش‌پـذیری بـالای کاملینا نسبت به شرایط محیطی پیرامون و میزان کود نیتروژن بود. به طوری که در کشت زود هنگـام (۱۵ آبـان) بیشـترین عملکـرد دانـه، اجزای عملکرد، عملکرد بیولوژیک، عملکرد روغـن و درصـد پـروتئین

به‌دست آمد اما در کشت‌های دیرهنگام، به‌خصوص تاریخ کاشت سوم (۱۵ دی) تمامی صفات مورد بررسی به سبب برخورد دوران زایشی گیاه با دمای بالای آخر فصل خوزستان و کاهش طول دوره رشدی گیاه، کاهش یافتند. در شرایط سه تاریخ کاشت استفاده از کود نیتروژن تا سطح ۴۶ کیلوگرم نیتروژن منجر به افزایش عملکرد دانه، عملکرد روغن و برخی اجزای عملکرد شد اما اثرگذاری دو سطح ۲۳ و ۶۹ کیلوگرم با تغییر شرایط محیطی سه تاریخ کاشت به‌خصوص دما در تاریخ کاشت‌های دیرهنگام، متفاوت بود. براساس نتایج این آزمایش در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ برای کسب حداکثر عملکرد دانه و روغن کاملینا رعایت تاریخ کاشت مناسب و بهره‌گیری از کود نیتروژن تا سطح بهینه با اهمیت می‌باشد.

سپاسگزاری

از حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز به دلیل تامین هزینه مورد نیاز این پژوهش که قسمتی از قرارداد پژوهانه به شماره ۹۸/۳/۰۵/۱۴۹۰۹ می‌باشد، تشکر و قدردانی می‌شود.

References

1. Berti, M., Wilckens, R., Fischer, S., Solis, A., and Johnson, B. 2011. Seeding date influence on Camelina seed yield, yield components, and oil content in Chile. Industrial Crops and Products 34 (2): 1358-136.
2. Bobrecka-Jamro, M. C. 2017. The effects of varied plant density and nitrogen fertilization on quantity and quality yield of *Camelina sativa* L. Emirates Journal of Food and Agriculture 29 (12): 988-993.
3. Bremner, J. M. 1996. Nitrogen total. Method of Soil Analysis, part 3: Chemical Methods; Spark, D. L. Soil Science Society of America: Madisona, Wisconsin. 1085-1121.
4. Bronson, K. F., Hunsaker, D. J., and Thorp, K. R. 2019. Nitrogen fertilizer and irrigation effects on seed yield and oil in Camelina. Agronomy Journal 111 (4): 1712-1719.
5. Chesnais, Q., Verzeaux, J., Couty, A., Le Roux, V., and Ameline, A. 2015. Is the Oil Seed Crop *Camelina sativa* a Potential Host for Aphid Pests? BioEnergy Research 8 (1): 91-99.
6. Dharavath, R. N., Singh, S., Chaturvedi, S., and Luqman, S. 2016. *Camelina sativa* (L.) Crantz a mercantile crop with speckled pharmacological activities. Annals of Phytomedicine: An International Journal 5 (2): 6-26.
7. Doori, S., Telavat, M. R. M., Siadat, S. A., and Bakhshandeh, A. 2016. Effect of nitrogen foliar application on canola yield (*Brassica napus* L.) and nitrogen efficiency across different sowing dates. Iranian Journal of Field Crops Research 14 (3): 484-493. (in Persian with English abstract).
8. Elhanafi, L., Houhou, M., Rais, C., Mansouri, I., Elghadraoui, L., and Greche, H. 2019. Impact of excessive nitrogen fertilization on the biochemical quality, phenolic compounds, and antioxidant power of *Sesamum indicum* L seeds. Journal of Food Quality 2: 1-6.
9. Hasani Balyan, M., Tadayon, M. R., and Fadaei Tehrani, A. A. 2020. Evaluation of some growth and yield traits of *Camelina sativa* L. under the influence of biological and chemical fertilizers. Journal of Crop Production and Processing 10 (1): 39-51. (in Persian with English abstract).
10. Jankowski, K. J., Sokólski, M., and Kordan, B. 2019. Camelina: Yield and quality response to nitrogen and sulfur fertilization in Poland. Industrial Crops and Products 141: 111776.
11. Jiang, Y., and Caldwell, C. D. 2016. Effect of nitrogen fertilization on Camelina seed yield, yield components, and downy mildew infection. Canadian Journal of Plant Science 96 (1): 17-26.
12. Kahrizi, D. 2018. Soheil cultivar report of Camelina plant for cultivation in different regions of the country. Registration and certification of seeds and seedlings. Spring and summer 24-27. (in Persian).
13. KalantarAhmadi, S. A., Ebadi, A., Siadat, S. A., and TavakoliHasanaklou, H. 2014. Effect of heat stress due to sowing date on grainyield of rapeseed cultivars in north Khuzestan conditions in Iran. Iranian Journal of Crop Sciences 16 (1): 62-76. (in Persian).
14. Karčauskienė, D., Sendžikienė, E., Makarevičienė, V., Zaleckas, E., Repšienė, R., and Ambrazaitienė, D. 2014. False flax (*Camelina sativa* L.) as an alternative source for biodiesel production. Zemdirbyste-Agriculture 101 (2): 161-168.
15. Kiani, S., Siadat, S. A., Moradi Telavat, M. R., and Poshtdar, A. 2018. Morphological Response, Grain Yield and Essential Oil of Three Fennel Ecotypes to Different Times of Planting. Iranian Journal of Field Crops Research 16 (3): 641-650. (in Persian with English abstract).
16. Kumari, A., Joshi, P. K., Mohsin, M., Ar ya, M. C., and Ahmed, Z. 2015. Studies on effect of spacing and nitrogen on false flax (*Camelina sativa* cv calena) under central western Himalayas of India. The Bioscan 10 (3): 1321-1326.
17. Kunt joshi, S., Ahmad, S., Meher, L. C., Agarwal, A., and Nasim, M. 2017. Growth and yield response of *Camelina sativa* to inorganic fertilizers and farmyard manure in hot semi-arid climate of India. Advances in Plants & Agriculture Research 7 (3): 305-309.
18. Latif, S., and Anwar, F. 2008. Quality assessment of Moringa concanensis seed oil extracted through solvent and

aqueous-enzymatic techniques. Grasas y Aceite 59 (1): 69-75.

19. Leclère, M., Lorent, A. R., Jeuffroy, M. H., Butier, A., Chatain, C., and Loyce, C. 2021. Diagnosis of camelina seed yield and quality across an on-farm experimental network. European Journal of Agronomy 122: 126190.
20. Malhi, S. S., Johnson, E. N., Hall, L. M., May, W. E., Phelps, S., and Nybo, B. 2014. Effect of nitrogen fertilizer application on seed yield, N uptake, and seed quality of *Camelina sativa*. Canadian Journal of Soil Science 94 (1): 35-47.
21. Mohagheghi, A., and Aboutalebian, M. A. 2014. Study of sowing date and seed priming effect on seed yield, its Components and some of agronomic and qualitative properties of two spring canola cultivars in Hamedan. Iranian Journal of Field Crops Research 12 (3): 516-525. (in Persian).
22. Morditalavat, M., Siadat, S., Nadian, H., and Fathi. Gh. 2007. Response of canola grain and oil yields, oil and protein contents to different levels of nitrogen and boron fertilizers in Ahvaz region. Iranian Journal of Crop Sciences 9 (3): 213-224. (in Persian with English abstract).
23. Rasool, F. U., Hassan, B., Aalum, I. and Ganie, S. A. 2013. Effect of nitrogen, sulphur and farmyard manure on growth dynamics and yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under temperate conditions. Scientific Research and Essays 8 (43): 2144-2147.
24. Ratajczak, K., Sulewska, H., and Szymańska, G. 2017. New winter oilseed rape varieties– seed quality and morphological traits depending on sowing date and rate. Plant Production Science 20 (3): 262-272.
25. Safara, N., Telavat, M. R. M., Siadat, S. A., Koochekzadeh, A., and Mousavi, S. H. 2016. Effect of sowing date and sulfur on yield, oil content and grain nitrogen of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in autumn cultivation. Iranian Journal of Field Crops Research 14 (3): 438-448. (in Persian with English abstract).
26. Salehi1, F., A. Rahnama Ghahfarokhi, A., Meskarbashee, M., and Mehdikhanlou, Kh. 2019. Effect of terminal heat stress on some agronomic, physiological and oil yield traits of safflower cultivars (*Carthamus tinctorius* L.) under Ahvaz conditions. Iranian Journal of Field Crops Research 17 (3): 491-502. (in Persian with English abstract).
27. Salvagiotti, F., Cassman, K. G., Specht, J. E., Walters, D. T., Weiss, A., and Dobermann, A. 2008. Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: A review. Field Crops Research 108 (1): 1-13.
28. Solis, A., Vidal, I., Paulino, L., Johnson, B. L., and Berti, M. T. 2013. Camelina seed yield response to nitrogen, sulfur, and phosphorus fertilizer in South Central Chile. Industrial Crops and Products 44: 132-138.
29. Stahl, A., Pfeifer, M., Frisch, M., Wittkop, B., and Snowdon, R. J. 2017. Recent Genetic Gains in Nitrogen Use Efficiency in Oilseed Rape. Frontiers in Plant Science 8: 963.
30. Urbaniak, S. D., Caldwell, C. D., Zheljazkov, V. D., Lada, R., and Luan, L. 2008. The effect of cultivar and applied nitrogen on the performance of *Camelina sativa* L. in the Maritime Provinces of Canada. Canadian Journal of plant science 88 (1): 111-119.
31. Yousaf, M., Li, X., Zhang, Z., Ren, T., Cong, R., Ata-Ul-Karim, S. T., Fahad, S., Shah, A. N., and Lu, Ji. 2016. Nitrogen fertilizer management for enhancing crop productivity and nitrogen use efficiency in a rice-iilseed rape rotation system in China. Frontiers in Plant Science 7: 1496.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 19, No. 4, Winter. 2022, p. 311-325

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۹، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص. ۳۲۵-۳۱۱

Effect of Nitrogen Application on Camelina (*Camelina sativa*) Oil Seed Yield and Yield Components at Different Planting Dates

Sh. Zarei[1], P. Hassibi[1*], D. Kahrizi[3], S. M. Safieddin Ardebili[4]

Received: 12-10-2020
Accepted: 21-07-2021

Introduction

Camelina [*Camelina sativa* (L.) Crantz] oilseed is a low-input crop that grows and yields well in semiarid regions with low-fertility or saline soils in comparison with other crops. Camelina seeds contain 30–40 percent oil. Camelina is an annual plant from the Brassicaceae family that has short and fast growth. Camelina is well adapted to cool temperate and semi-arid climates, it is more tolerant of drought and spring freezing than rapeseed (*Brassica napus* L.). Also, Resistance to some diseases and pests of other members of Brassicaceae plants is another important features of this plant. Research-based information is lacking to provide basic agronomic recommendations for Camelina. In general, yield and yield components of Camelina seeds depends on nitrogen fertilization, planting time and climatic conditions. Camelina responds differently to fertilizer management and planting date in different climatic and soil conditions. Selection of crop managements such as planting date and fertilization can increase the quantitative and the qualitative yield of this plant.

Materials and Methods

In order to evaluate the effects of nitrogen fertilizer on agronomic characteristics in Camelina under different planting dates, a study was conducted in split-plot based on randomized complete blocks design with three replications at the research field of Agricultural College, the Shahid Chamran University of Ahvaz, located in the southwest of Ahvaz and the western bank of the Karun River with 31°19′′ N; 48° 41′′ an altitude of 22 meters above sea level during 2018-19 growth season. Experimental factors included planting date in three times (November 6, December 6 and January 5) as the main plots and nitrogen fertilizer at four levels (0, 23, 46 and 69 kg.ha-1) as the subplots. The plant material (seed) of this research was Camelina sativa cultivar Soheil which was prepared from the Biston Shafa Knowledge Foundation Company. Half of the nitrogen fertilizer was spread with phosphorus and potassium in the surface of each experimental unit and mixed with soil before planting. The other half of nitrogen fertilizer used in three sections during three stages of plant phenology included True four leaves, beginning of stem elongation and beginning of silicle emergence.

Results and Discussion

Analysis of variance of traits showed a significant difference between nitrogen levels at each level of planting date in terms of all traits studied, including grain yield, biological yield, harvest index, plant height, percentage and oil yield, etc. Generally, based on the results of the analysis of variance, in all three planting dates. The highest grain yield (2653.8 $kg.ha^{-1}$) was obtained from the first planting date and 46 $kgN.ha^{-1}$ treatment and the highest harvest index in second planting date and 46 kg nitrogen treatment was measured. The highest oil yield (737.9 $kg.ha^{-1}$) belonged to the first planting date and the level of 23 $kgN.ha^{-1}$. However, the highest protein percentages (28.53) was obtained in the second planting date and 69 kg nitrogen treatment. Regarding to the other traits, it was observed that the optimal use of nitrogen fertilizer led to the improvement of the studied traits such as the number of sub-branches, silicle per plant, seed per silicle and 1000-grain weight, but delay in planting date caused the mean of these traits decreased significantly.

1- M. Sc Student, Department of Production Engineering and Plant Genetics, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran
2- Associate Professor, Department of Production Engineering and Plant Genetics, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran
3- Professor, Department of Production Engineering and Plant Genetics, Razi University, Kermanshah, Iran
4- Assistant Professor, Department of Biosystems Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran
(*- Corresponding Author Email: p.hassibi@scu.ac.ir)
DOI: 10.22067/jcesc.2021.37179.0

Conclusion

In general, the results of this study showed a significant response of Camelina to the amount of nitrogen used and planting date, so that in early planting (November 6) was obtained the highest grain yield, yield components, biological yield, oil yield and protein percentage. But in late planting, especially the third planting date, all the studied traits were reduced due to the collision of the plant reproductive stage with the high temperature at the end of Khuzestan growth season and the reduction of the plant growth cycle. Under three planting dates, nitrogen fertilizer application up to 46 $kgN.ha^{-1}$ increased grain yield, oil yield and some yield components. Based on the results of this experiment, in order to obtain maximum grain and oil yield of Camelina, it is important to consider planting date and optimum nitrogen use.

Keywords: Harvest index, Leaf nitrogen, Oil crops, Oil percent, Protein percent